

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN

SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: HET NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

HET LOCALISEEREN VAN OBJECTEN IN HET MENSCHELIJK LICHAAM

door A. BOUWERS.

621.386.16 : 616-073

Röntgenopnamen van objecten in het menselijk lichaam veroorloven het localiseeren van een object in twee dimensies. Om ook uitsluitsel over de derde coördinaat, de diepte, te verkrijgen, kan men gebruik maken van stereoscopische röntgenbeelden, van zg. planigrafische röntgenopnamen en tenslotte van toestellen, waarbij steeds het object gelocaliseerd wordt als snijpunt van twee röntgenstraalrichtingen. Er wordt hier een beschrijving van een dergelijk toestel gegeven, dat kort geleden bij Philips is ontwikkeld en dat speciaal bestemd is voor het opzoeken van projectielen in het lichaam.

Inleiding

Een der opgaven van de medische diagnostiek is het nauwkeurig vaststellen van de plaats van objecten in het menselijk lichaam. Als voorbeeld noemen we het localiseeren van gezwellen in de maag of andere organen, of van holten in de longen, ontstaan door een tuberculeus proces. In oorlogstijd krijgt het probleem speciale beteekenis, doordat de chirurg dan vaak te maken heeft met verwondingen, waarbij projectielen in het lichaam zijn blijven steken. Om deze op de minst ingrijpende wijze te kunnen verwijderen, is in de eerste plaats een scherpe bepaling van hun ligging vereischt.

Sinds de ontdekking der röntgenstralen heeft men als hulpmiddel voor de genoemde gevallen het röntgenschaduwbeeld ter beschikking. Dit levert echter in eerste instantie slechts een localisatie van het object in twee dimensies. Van ouds heeft men naar methoden gezocht om uit de röntgenschaduwbeelden ook gegevens omtrent de ligging in de derde dimensie (de diepte onder de huid) te verkrijgen. Wil men de mogelijkheden overzien, die zich hiervoor bieden, dan ligt het voor de hand, uit te gaan van de hulpmiddelen, die bij het normale zien het oog in staat kunnen stellen, een plastische indruk te verkrijgen. Dit zijn er in hoofdzaak drie: het gedeeltelijk bedekt worden van verderaf gelegen voorwerpen door dichterbij gelegene; de afname van de gezichtshoek, waaronder een object van bepaalde grootte wordt gezien, met toenemende afstand; tenslotte de bij het samenwerken der beide ogen optredende parallax.

De eerstgenoemde mogelijkheid — plastische indruk door gedeeltelijk bedekken — ontbreekt

in het röntgenbeeld ten eenenmale. Immers, in het röntgenbeeld worden alleen schaduwen zichtbaar, en het verkregen schaduwbeeld van twee achter elkaar gelegen voorwerpen is in eerste benadering onafhankelijk van de volgorde, waarin zij door de röntgenstralen worden doorlopen.

Ook de tweede mogelijkheid — perspectivische verkleining — kan bij het röntgenbeeld niet veel helpen. Daar de dikte van het lichaam in het algemeen aanzienlijk kleiner is dan de afstand tot de röntgenstralenbron, kan de hoek, waaronder een bepaald object vanuit de bron wordt gezien, slechts weinig met de ligging ervan varieren, en bovenal zou het, om geringe grootte-verschillen van de schaduwen in het röntgenbeeld te kunnen vertalen

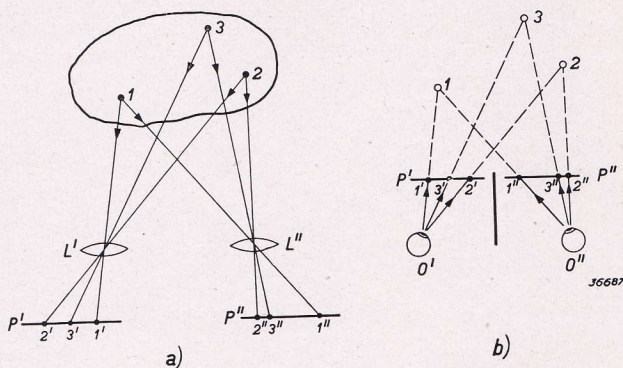


Fig. 1. Bij het zien van een driedimensionaal voorwerp (punten 1, 2, 3 in a) ontstaan op de netvliezen P' , P'' der beide ogen twee verschillende beelden (L' , L'' ooglenzen). Bij het versmelten dezer beelden tot één ontstaat een plastische indruk. Het maken van stereoscopische foto's geschiedt eveneens op de in a) geschetste wijze, waarbij P' , P'' twee fotografische platen, L' , L'' twee fotografische lenzen zijn. Worden de beide platen op de in b) aangegeven manier bekeken (O' , O'' oogen), dan verkrijgt men wederom de indruk van een ruimtelijk beeld.

in afstands-verschillen, noodig zijn, dat de grootte der objecten zelf ons goed bekend is. Dit is in het algemeen niet het geval.

Blijft de derde mogelijkheid — de parallax. Hoe met behulp hiervan het normale stereoscopische zien resp. het bekijken van stereoscopische foto's plaats vindt, is in *fig. 1* verduidelijkt. Het wezen van de methode bestaat hierin, dat *elk objectpunt wordt gelocaliseerd als snijpunt van twee straal-richtingen*. Dit principe kan ook in de röntgen-diagnostiek worden toegepast en vormt inderdaad de grondslag van alle gebruikelijke methoden voor dieptebeoordeling in röntgenbeelden. Enkele dezer methoden willen we hier de revue laten passeren, waarbij wij in het bijzonder willen ingaan op een apparaat voor het opzoeken van projectielen, dat in het Philips Laboratorium is ontwikkeld.

Stereoscopische röntgenbeelden

Het schema van *fig. 1* kan niet rechtstreeks voor röntgenbeelden dienen, immers bij het opnemen daarvan kunnen de objectpunten geen straling uitzenden maar alleen straling onderscheppen. *Fig. 2* toont, hoe bij het opnemen en bekijken van stereoscopische röntgenbeelden te werk kan worden gegaan.

Klaarblijkelijk moet de beschouwer, om de twee verschillende beelden tot een (plastisch) geheel te kunnen versmelten, elk punt van het eene beeld terug kunnen vinden in het andere. Bij röntgenbeelden is dit niet zoo gemakkelijk, als men bij het bekijken van normale foto's gewend is. Veelal ontbreken hier nl. de scherpe contouren, die we zonder meer zouden kunnen identificeren, en treden daarvoor in de plaats min of meer vervaagde scha-

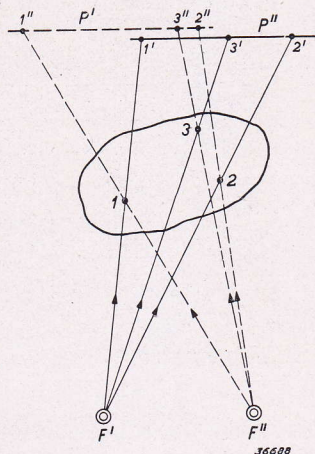


Fig. 2. Bij het opnemen van stereoscopische röntgenbeelden worden achtereenvolgens met twee foci F' , F'' op een onderlinge afstand van bijv. 5 cm schaduwbeelden op twee overeenkomstig opgestelde platen P' , P'' ontworpen en gefotografeerd. Het bekijken der foto's kan in principe op dezelfde wijze plaats vinden, waarbij de oogen de plaats der röntgenfoci innemen.

duwen, waarvan de onscherpte soms van dezelfde orde van grootte kan zijn als de verschuiving door de parallax! Van vele objecten, met name ziektehaarden in de longen, wordt daardoor het verkrijgen van een plastische indruk bij het bekijken van stereoscopische röntgenbeelden zeer bemoeilijkt of zelfs onmogelijk.

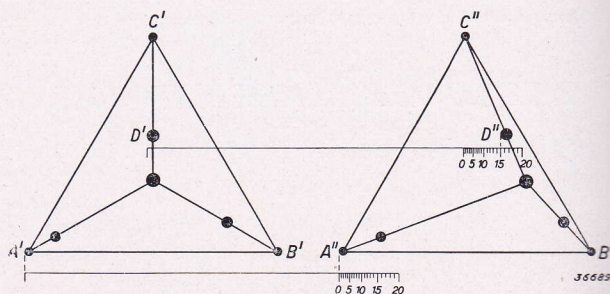


Fig. 3. Bij toepassing van een gestandaardiseerde methode, waarbij de twee röntgenstereo-opnamen naast elkaar op één film worden gemaakt, kan de diepte van elk punt rechtstreeks met een geijkte lineaal worden gemeten. In het hier weergegeven geval werd een tetraeder opgenomen met bollen op bepaalde punten van de ribben. Men leest direct af, dat punt D 15 cm boven het vlak der punten ABC ligt.

De stereoscopische röntgenbeelden, opgenomen volgens het schema *fig. 2*, kunnen ook zonder dat men probeert een plastisch beeld te zien, voor een objectieve bepaling van de „diepte” der verschillende punten dienen. Hiervoor moet men de onderlinge verschuiving van analoge punten op de beide beelden opmeten en omrekenen, een procedure, die zeer vergemakkelijkt wordt, wanneer men de meetkundige verhoudingen bij het vervaardigen der opnamen eens voor al vastlegt en dan een direct in diepten (ten opzichte van een bepaald vergelijkingsvlak) geijkte lineaal voor het meten der verschuiving gebruikt ¹⁾, zie *fig. 3*. Weliswaar gaat bij deze methode de aanschouwelijkheid geheel teloor; de medicus moet uit een reeks getallen, die hij aldus verkregen heeft, de situatie der objecten in het lichaam reconstrueeren.

De planigrafie

Een interessante methode om een objectieve en tevens aanschouwelijke dieptebeoordeling te verkrijgen is de zg. planigrafie ²⁾ (ook wel tomografie genoemd). Stel, dat de projecties van het object uit de twee foci, die bij het vervaardigen van stereo-

¹⁾ Dit is o.a. beschreven in: W. Hondius Boldingh, *Vereinfachte und standardisierte Stereotechnik, Röntgenpraxis* 1, 561, 1929.

²⁾ Deze methode werd ongeveer gelijktijdig en onafhankelijk gepubliceerd door D. L. Bartelink (*Fortschr. Röntgenstr.* 47, 399, 1933), B. G. Ziedses des Plantes (*Fortschr. Röntgenstr.* 47, 407, 1933) en A. Vallebona (*Fortschr. Röntgenstr.* 48, 599, 1933). Maar reeds in 1921 had A. E. M. Bocage hierop een octrooi verkregen (*Fransh octr. Nr.* 536.464).

scopische röntgenbeelden werden gebruikt, niet op twee verschillende platen, maar achtereenvolgens op dezelfde plaat worden opgenomen (zie fig. 4).

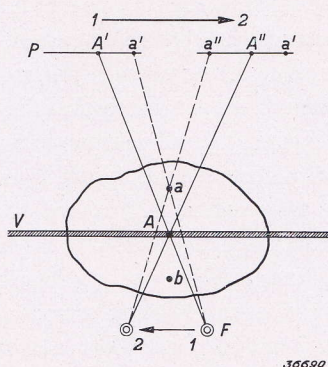


Fig. 4. Principe der planigrafie. Tijdens het belichten wordt het röntgenfocus F van 1 naar 2 en tevens de fotografische plaat P op overeenkomstige wijze verschoven. Alle punten van het vlak V worden scherp afgebeeld, terwijl de schaduwen van punten buiten dit vlak (a , b) worden vervaagd.

Door de plaat na de eerste opname uit stand 1 in stand 2 te brengen, kan men ervoor zorgen, dat de schaduw van punt A bij beide opnamen op hetzelfde punt $A' = A''$ van de plaat terechtkomt. Punt A wordt dus scherp afgebeeld, en dit geldt ook nog, wanneer men in plaats van twee afzonderlijke belichtingen uit te voeren, plaat en focus tijdens de belichting continu uit stand 1 naar 2 verschuift. Beschouwen we nu punt a , dan zien we, dat diens schaduw op de plaat bij deze opname verschuift van a' naar a'' . De schaduw van punt a wordt dus geheel vervaagd. Een nadere beschouwing leert, dat bij de beschreven opname met bewegende plaat en focus niet alleen punt A , maar

alle punten van het vlak V scherp worden afgebeeld, terwijl de schaduw van punten boven dit vlak (a) en er onder (b) over een lijn van zekere lengte wordt uitgespreid en derhalve vervaagd. Men krijgt dus een röntgenbeeld, waarin alle objecten in de doorsnede V van het doorstraalde lichaam als scherpe schaduwen zichtbaar zijn, terwijl de rest van het lichaam een min of meer gelijkmatige sluier over dit beeld teweegbrengt. In de praktijk laat men focus en plaat het liefst niet langs een rechte lijn bewegen, maar over een langer traject, dat een geheel vlak zoo goed mogelijk vult (bijv. een spiraal of een nauwe sinusslingering) en waarbij focus en plaat steeds evenredige snelheid in tegenovergestelde richting hebben. Het vervagen der schaduwen van de niet gewenste vlakken wordt daardoor nog aanzienlijk verbeterd. Wil men volgens deze methode bijv. de plaats van een holte in de longen opsporen, dan kan men een aantal dergelijke planigrafische opnamen maken, waarbij telkens een andere doorsnede (van bekende diepte) door het lichaam wordt „gelegd”; daarna kan men uitzoeken, op welke opname de holte scherp (resp. het scherpst) begrensd is. In fig. 5 geven we een voorbeeld van dergelijke opnamen van verschillende doorsneden, tezamen met een normale röntgenopname van denzelfden patient ³⁾.

³⁾ Er dient te worden opgemerkt, dat uit het verkregen planigrafische beeld slechts onder bepaalde voorwaarden conclusies mogen worden getrokken omtrent de vorm der objecten. Hierover zijn in de laatste jaren verscheidene onderzoeken gedaan, o.a. ook door de Medische Afdeling van Philips, zie bijv. G. C. E. Burger en J. G. A. van Weel, Fortschr. Röntgenstr. 57, 143, 1938; verder R. H. de Waard, Ned. T. Geneesk. 83, 368, 1939.

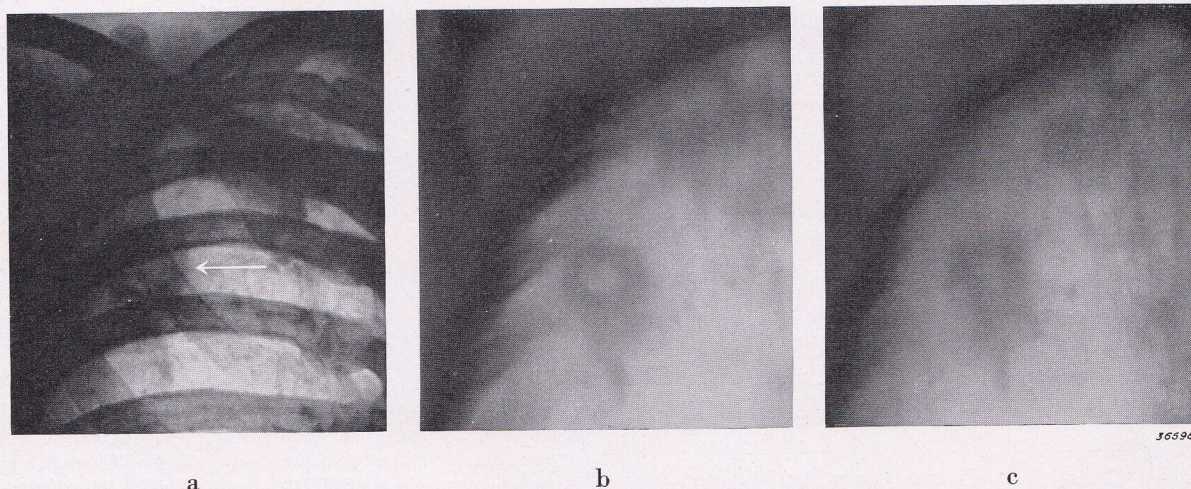


Fig. 5. a) Normale röntgenopname van een gedeelte der borst van een patient. Er is een ringvormige schaduw zichtbaar (door de pijl aangegeven), die op de aanwezigheid van een holte in de long wijst.

b) „Planigram” van denzelfden patient. De opname toont een doorsnede op 7 cm diepte onder de huid, van de rugzijde gerekend. De holte is hier zeer duidelijk en scherp begrensd.

c) Planigram op $8\frac{1}{2}$ cm diepte. De holte is hier bijna geheel vervaagd.

De Philips „kogelzoeker”

Voor het in de aanhef reeds vermelde opzoeken van projectielen zijn de beschreven methoden minder geschikt. Hierbij is het vooral van belang, de plaatsbepaling snel en op eenvoudige wijze te kunnen uitvoeren en daarbij het resultaat in een zoodanige vorm te verkrijgen, dat het tijdens de operatie rechtstreeks als leidraad voor den chirurg kan dienen. Dat de beschreven methoden hier veel te omslachtig zouden zijn, wordt duidelijk, wanneer men bedenkt, dat tijdens de operatie vaak een verschuiven van het te verwijderen object kan optreden. Voor de vereischte nieuwe plaatsbepaling kan dan kwalijk op het nemen van een of meer foto's en het ontwikkelen daarvan worden gewacht.

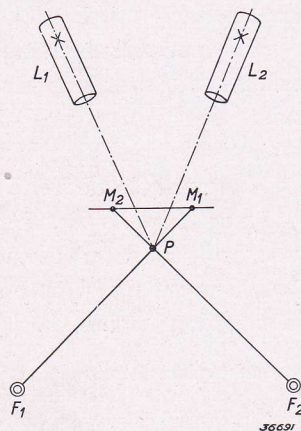


Fig. 6. Principe van de kogelzoeker. In het punt P ontmoeten elkaar vier straalrichtingen: twee door de lampen L_1 , L_2 uitgezonden lichtstralen (gestippeld) en twee röntgenstraalrichtingen, gedefinieerd als verbindingslijnen tusschen twee foci F_1 , F_2 en twee merkteekens M_1 , M_2 op een doorlichtingsscherm.

De talrijke methoden, die men heeft uitgedacht om aan de eischen van deze bijzondere toepassing te voldoen⁴⁾, zijn eveneens alle gebaseerd op het principe, dat wij reeds noemden: de localisatie van een punt als snijpunt van twee straalrichtingen. Ook de „kogelzoeker”, die onlangs bij Philips is ontwikkeld, berust hierop. Bij dit apparaat snijden elkaar in één bepaald punt P vier straalrichtingen (zie fig. 6): twee lichtstralen L_1 en L_2 , en twee stralen R_1 en R_2 , die vastgelegd zijn als verbindingslijnen tusschen twee röntgenfoci F_1 , F_2 en twee merkteekens M_1 , M_2 op een fluoresceerend scherm. Wordt het lichaam van den patient zoodanig in de stralengang geplaatst, dat de schaduw, die F_2 van het projectiel werpt, op M_2 valt, en

evenzoo de schaduw vanuit F_1 op het punt M_1 , dan bevindt zich het projectiel klaarblijkelijk juist in het punt P , dat voor den chirurg kenbaar is gemaakt door het snijpunt der beide lichtstralen⁵⁾.

Aangezien de ligging van den patient reeds door andere, voor de operatie belangrijke gezichtspunten wordt vastgelegd, wordt in werkelijkheid niet het lichaam met het projectiel naar het punt P gebracht, maar omgekeerd het punt P naar het projectiel. Verder worden niet twee röntgenbuizen tegelijk gebruikt, maar slechts één buis, waarvan het focus achtereenvolgens in de standen F_1 en F_2 kan worden gebracht. Dit is gewenscht om den patient geen onnoodig groote röntgenstralendosis toe te dienen en om niet twee op elkaar vallende beelden op het fluorescentiescherm te krijgen, hetgeen voor het beeldcontrast en ingeval van aanwezigheid van meerdere projectielstukken ook voor de overzichtelijkheid zeer nadeelig zou zijn. In fig. 7 is het apparaat en de werkwijze schematisch

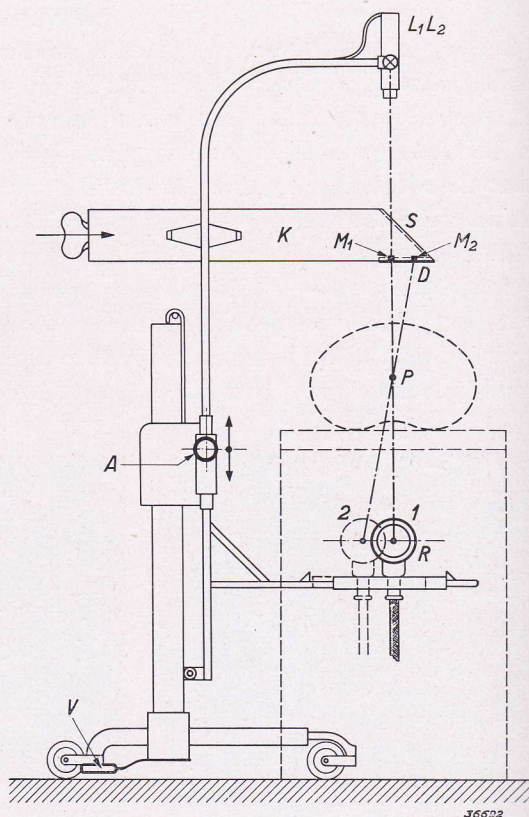


Fig. 7. Uitvoering van de kogelzoeker. 1, 2 standen, waarin de röntgenbuis R kan worden gebracht. M_1 , M_2 merkteekens op doorlichtingsscherm D . S spiegel, K koker; de pijl geeft de kijkrichting van de persoon, die het toestel bedient. L_1 , L_2 twee, in deze teekening juist achter elkaar gelegen, projectiestellen. Het punt P wordt op de plaats van het projectiel gebracht. A bedieningshandle, V voetrem.

⁴⁾ Een overzicht hiervan geeft het boekje van R. Grashey, Steckschuß und Röntgenstrahlen, Uitg. G. Thieme, Leipzig 1940.

⁵⁾ Lichtstralen zijn voor dit doel reeds toegepast, zij het op andere wijze dan hier beschreven, door C. Chaussée; zie J. belge Radiol. 28, 305, 1939.

weergegeven. Het statief, dat aan een verticaal verschuifbaar gestel de röntgenbuis, het doorlichtingsscherm en de lichtbronnen draagt, wordt naast de operatietafel geschoven zoodanig, dat de röntgenbuis, die eerst in stand 1 is gezet, zich onder den patient bevindt en de schaduw van het projectiel op het merkteken M_1 van het doorlichtingsscherm D valt. Dit wordt gecontroleerd door een helper, die, in de koker K kijkende, het fluoresceerende beeld gemakkelijk in de spiegel S kan waarnemen, zelfs zonder dat de kamer hiervoor donker behoeft te worden gemaakt. Na deze instelling, door welke het focus precies verticaal onder het projectiel is gebracht, fixeert de helper door middel van een voetrem het statief ten opzichte van horizontale verschuiving, brengt de röntgenbuis in stand 2 (zie fig. 7) en verschuift dan het beweeglijke gestel in verticale richting, totdat de schaduw van het projectiel op het merkteken M_2 valt. Nu wordt de koker met het doorlichtingsscherm teruggeschoven

en kan de operatie beginnen. De twee lichtvlekjes, die door de projectiestellen L_1 , L_2 (in de foto's fig. 8 en fig. 9 ziet men deze beter) op de huid van den patient worden geworpen, wijzen den chirurg de weg. De richtingen der beide lichtstralen maken een hoek van ca 20° met elkander, zoodat de diepte van het punt P , dwz. het projectiel, onder de huid van den patient ongeveer 3 maal de onderlinge afstand der beide lichtvlekjes bedraagt.

Van essentieel belang voor een vlugge uitvoering der localisatie is het, dat de eerste instelling naderhand niet door de tweede instelling weer wordt aangetast. Dit is hier gewaarborgd, doordat bij de tweede instelling de, aan het beweeglijke stel gekoppelde, denkbeeldige lijn $I-M_1$ verticaal, dus in zichzelf, wordt verschoven en dus steeds door het punt P blijft loopen. De ervaring heeft geleerd, dat op deze wijze de plaats van het object binnen één minuut op eenige millimeters nauwkeurig kan worden vastgesteld. Ook tijdens de operatie blijven

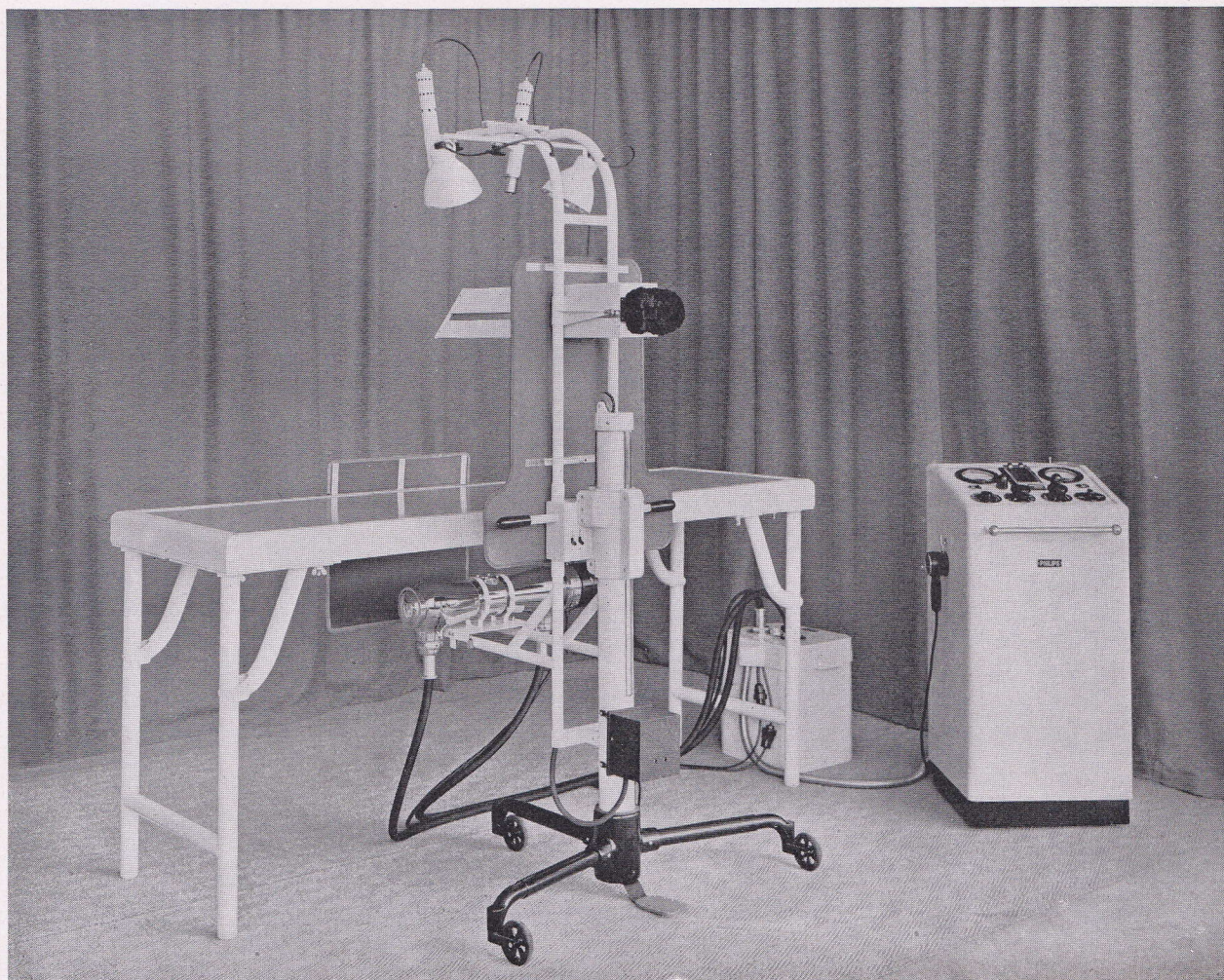


Fig. 8. Volledige opstelling voor het localiseeren van projectielen. In het midden de kogelzoeker naast een operatietafel. Rechts de bedieningslessenaar voor de röntgenbuis.

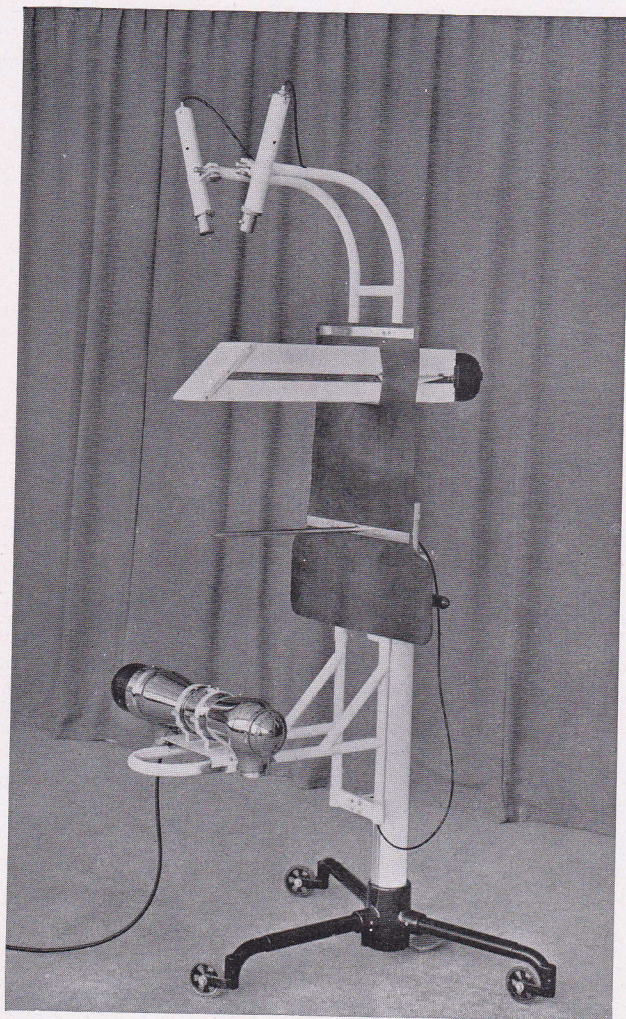


Fig. 9. Foto van de kogelzoeker. Men ziet boven de twee projectiestellen, daaronder de koker met het doorlichtingsscherm, die voor de operatie teruggeschoven kan worden. De staaf tusschen de koker en de röntgenbuis wordt alleen voor het justeren van het geheel ingezet.

de beide lichtbundels de richting aangeven. Zoo noodig kan de waarneming tusschentijds, zonder noemenswaardige onderbreking van de operatie, worden herhaald om te controleeren, of het object niet verschoven is. In *fig. 8* is een foto van de geheele opstelling weergegeven ⁶⁾.

Het doorlichtingsscherm moet minstens zoover boven het punt *P* liggen, als de dikte van den patient kan bedragen. Tengevolge van deze betrekkelijk groote afstand is de meetkundige onscherpte van het röntgenbeeld (halfschaduwbreedte, veroorzaakt door de eindige afmetingen van het focus) ca $\frac{3}{4}$ van de breedte van het focus. Om een voldoende scherpe localisatie mogelijk te maken, wordt derhalve een röntgenbuis met een zeer fijn focus (schijnbare afmetingen $1,7 \times 1,7$ mm) gebruikt.

Wanneer de justering van het toestel, dwz. het elkaar snijden van alle vier straalrichtingen in punt *P*, door geringe deformaties van het statief, bijv. ontstaan bij het vervoer, ontregeld is, kan met behulp van de in *fig. 9* zichtbare ijzeren staaf het toestel opnieuw worden gejusteerd: men brengt de punt van de staaf in het snijpunt der beide röntgenstraalrichtingen $1-M_1$ en $2-M_2$ en draait dan de beide projectiestellen L_1 en L_2 zoodanig, dat de twee lichtstralen elkaar weer op de punt van de staaf snijden.

⁶⁾ Het beschreven toestel heeft intusschen reeds aan honderden gewonden goede diensten bewezen; zie J. Schlaaff, *Zentralbl. Chirurgie* 67, 1924, 1940.